

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-316209

(43)公開日 平成8年(1996)11月29日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/302	F
21/28			21/28	M

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平7-122682

(22)出願日 平成7年(1995)5月22日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 辰巳 哲也

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

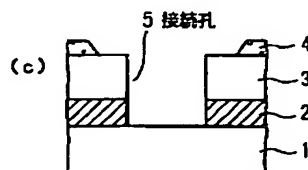
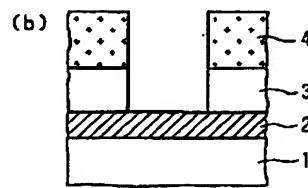
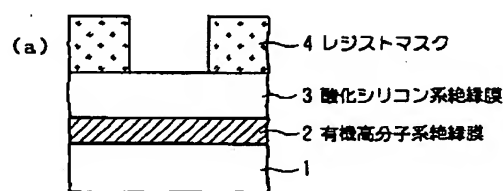
(54)【発明の名称】 積層絶縁膜のプラズマエッチング方法

(57)【要約】

【目的】 有機高分子系絶縁膜上に酸化シリコン系絶縁膜が形成された、低誘電率の積層絶縁膜に接続孔を開く際の、エッチングレートの低下と加工形状の劣化を防止するプラズマエッチング方法を提供する。

【構成】 第1の発明では、酸化シリコン系絶縁膜をパターニング後、この酸化シリコン系絶縁膜パターンをマスクに下層の有機高分子系絶縁膜をO系ガスでプラズマエッチングする。第2の発明では、下層のシリキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜を、プラズマ中のC/F比を低下させたエッチング条件でプラズマエッチングする。

【効果】 下層の有機高分子系絶縁膜のパターニング時にエッチング条件を切り替えることにより、有機高分子系絶縁膜表面に炭素系堆積膜が形成されてエッチングレートが低下したり、加工形状が劣化する現象を防止できる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 有機高分子系絶縁膜上に、酸化シリコン系絶縁膜が積層された構造を有する、積層絶縁膜のプラズマエッチング方法において、

前記酸化シリコン系絶縁膜を、レジストマスクを用いてパターンに形成するプラズマエッチング工程と、

前記有機高分子系絶縁膜を、酸素系化学種を発生しうるガスを含むエッチングガスを用いてプラズマエッチングする工程と、

をこの順の施すことを特徴とする、積層絶縁膜のプラズマエッチング方法。 10

【請求項2】 有機高分子系絶縁膜は、フッ素原子を含むことを特徴とする、請求項1記載の積層絶縁膜のプラズマエッチング方法。

【請求項3】 有機高分子系絶縁膜をプラズマエッチングする工程においては、酸化シリコン系絶縁膜に形成されたパターンをエッチングマスクとして用いることを特徴とする、請求項1記載の積層絶縁膜のプラズマエッチング方法。

【請求項4】 有機高分子系絶縁膜をプラズマエッチングする工程においては、被エッチング基板の温度を室温以下に制御することを特徴とする、請求項1記載の積層絶縁膜のプラズマエッチング方法。 20

【請求項5】 有機高分子系絶縁膜をプラズマエッチングする工程においては、前記有機高分子系絶縁膜パターンの側壁に炭素系ポリマを堆積しつつプラズマエッチングすることを特徴とする、請求項1記載の積層絶縁膜のプラズマエッチング方法。

【請求項6】 シロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜上に、酸化シリコン系絶縁膜が積層された構造を有する、積層絶縁膜のプラズマエッチング方法において、前記酸化シリコン系絶縁膜を、レジストマスクを用いるとともに、プラズマ中に炭素系化学種とフッ素系化学種とを発生しうるガスを含む第1のエッチングガスを用いてプラズマエッチングする工程と、前記シロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜を、プラズマ中に炭素系化学種とフッ素系化学種とを発生しうるとともに、前記炭素系化学種と前記フッ素系化学種との比が前記第1のエッチングガスより小さい第2のエッチングガスを用いてプラズマエッチングする工程と、 30 40
をこの順の施すことを特徴とするプラズマエッチング方法。

【請求項7】 シロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜は、有機SOGからなる塗布絶縁膜であることを特徴とする、請求項6記載のプラズマエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体装置の層間絶縁膜等に用いられる積層絶縁膜のプラズマエッチング方法に関し、さらに詳しくは、低誘電率の有機高分子層を含む 50

2

積層絶縁膜に接続孔を開口する際に、エッチングレートの低下や加工形状の劣化を防止することが可能な積層絶縁膜のプラズマエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 LSI等の半導体装置の高集積化が進展するに伴い、多層配線構造においては同一配線層内の隣り合う配線間の層間絶縁膜の幅が狭まるとともに、異なる配線層間の層間絶縁膜の厚さも薄くなっている。かかる配線間隔の減少により、配線間容量の上昇が問題となりつつある。配線間容量の上昇防止は、高集積度半導体装置の高速動作、低消費電力および低発熱の諸要請に応えるためには、是非とも解決しなければならない要素技術の1つである。

【0003】 配線間容量の低減方法として、例えば特開昭63-7650号公報に開示されているように、低誘電率材料の層間絶縁膜への採用が有効である。低誘電率材料としては、フッ素を含む酸化シリコン(SiOF)等の無機系材料と、シロキサン結合を有する有機高分子材料である有機SOG(Spin on Glass)や、ポリイミド、ポリパラキシリレン(商品名パリレン)、ポリナフタレン、フレア(アライドシグナル社商品名)あるいはフッ素樹脂等の有機高分子材料がある。これら比誘電率が3以下の低誘電率材料層を、隣り合う配線間とはもとより、異なるレベルの配線層間にも適用し、しかも低誘電率材料層をSiO₂(比誘電率4)、SiON(比誘電率4~6)やSi₃N₄(比誘電率6)等の膜質に優れた絶縁膜により挟み込む構造の積層絶縁膜を、本願出願人は特願平7-3727号明細書に提案し、低誘電率と高信頼性を合わせ持つ半導体装置の可能性を示した。

【0004】 かかる積層絶縁膜により、多層配線を採用した実際の半導体装置を製造する場合には、上層配線と下層配線間との電気的接続を得るために、積層絶縁膜に接続孔を開口する必要がある。通常、酸化シリコン系絶縁膜からなる層間絶縁膜に接続孔を開口する場合には、CF系あるいはCHF系ガスによるイオン性の強いプラズマエッチングが施される。したがって、低誘電率材料層がSiOF等の無機系材料の場合には、何ら問題なくこれら低誘電率材料を用いた積層絶縁膜のプラズマエッチングが従来技術の延長線上で可能である。

【0005】 しかしながら、上述した有機SOG、ポリイミド、ポリパラキシリレンあるいはフッ素樹脂等の有機高分子系材料を低誘電率材料層として用いる場合には、CF系あるいはCHF系ガスによるイオン性の強いプラズマエッチングを用いても、パターンニングが不可能であることが判明した。この問題を図4(a)~(b)を参照して説明する。

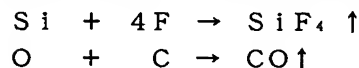
【0006】 図4(a)~(b)は、有機高分子系絶縁膜上に酸化シリコン系絶縁膜を形成した積層絶縁膜に接続孔を開口するプロセスにおける問題点を説明する概略

3

断面図である。同図においては、下層配線として半導体基板の不純物拡散層領域を想定している。まず図4

(a)に示すように、シリコン等の半導体基板1上に有機高分子系材料からなる低誘電率膜8、酸化シリコン系絶縁膜3を形成し、積層絶縁膜を形成した後、接続孔開口用のレジストマスク4を形成する。この状態から、CF系あるいはCHF系ガスによるイオン性の強いプラズマエッチングを施すと、酸化シリコン系絶縁膜3は異方的にエッチングが進行する。しかしパターニングが低誘電率膜8の表面に達した段階で、エッチングレートは極端に低下またはゼロとなり、接続孔のパターニングは不可能となる。

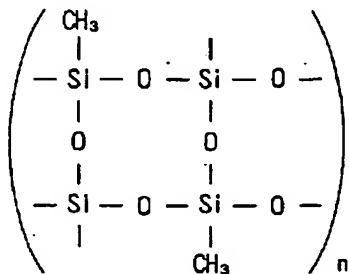
【0007】この現象は、従来用いられてきた酸化シリコン系層間絶縁膜のプラズマエッチング条件をそのまま有機高分子からなる低誘電率膜8の加工に適用したために生じるものと考えられる。CF系あるいはCHF系ガスによるプラズマエッチングにおいては、プラズマ中にフッ素系化学種であるF⁺（Fラジカル）と炭素系化学種である遊離のC等が生成する。したがって、酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチングにおいては、構成成分中のSiはF⁺と反応し、また他の構成成分であるOはCと反応し、SiF₄やCO等の蒸気圧の高い反応生成物となる。これらの反応生成物は、CF₃⁺等のイオンの入射エネルギーにもアシストされて被エッチング基板表面から脱離し、下式のようにエッチング反応が進む。



【0008】一方、有機SOGは【化1】に示されるように炭素原子を多く含んでいる。また【化2】に示されるポリイミド、【化3】に示されるポリパラキシリレン、【化4】に示されるポリナフタレン、そして【化5】に示されるフレアのごときは炭素が分子構造中の大部分を占めている。

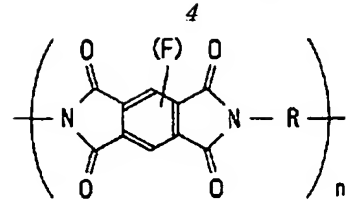
【0009】

【化1】



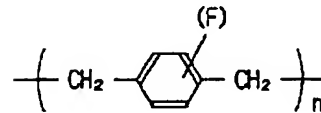
【0010】

【化2】

R: CH₂等

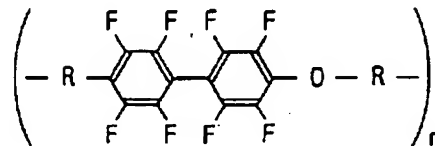
【0011】

【化3】



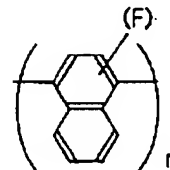
【0012】

【化4】

R: CH₂等

【0013】

【化5】



【0014】このように炭素の構成比が大きい有機高分子からなる低誘電率膜8をCF系あるいはCHF系ガスによりプラズマエッチングしようとする、プラズマ雰囲気中あるいは被エッチング基板上における炭素系化学種が過剰となり、C/F比が増大する。このため、過剰となった炭素成分により、図4(b)に示すように有機高分子からなる低誘電率膜8の表面、すなわちイオン入射面ですら炭素系堆積膜9が形成され、この炭素系堆積膜9がエッチングストップとなって有機高分子からなる低誘電率膜8のエッチングレートが低下するものと考えられる。なお、ここで述べたC/F比については、例えばJ. Vac. Sci. Tech., 16-(2), 391(1979)にその概念が詳述されているが、プラズマ雰囲気中あるいは被エッチング基板上における、炭素系化学種あるいは炭素系ポリマと、フッ素系化学種との原子数の比のことである。すなわち、堆積性因子とエッチング性因子との比とも言える。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上述した従来の酸化シリコン系絶縁膜と有機高分子系絶縁膜が積層された低誘電率積層絶縁膜のプラズマエッチングにおける問題点を解決することを目的とする。すなわち本発明の

BEST AVAILABLE COPY

5

課題は、有機高分子系絶縁膜またはシロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜上に、酸化シリコン系絶縁膜が積層された構造を有する低誘電率の積層絶縁膜のプラズマエッチング方法において、エッチングレートの低下を防止し、またエッチングにより得られるパターン形状の形状制御性に優れた積層絶縁膜のプラズマエッチング方法を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の積層絶縁膜のプラズマエッチング方法は、上述の課題を解決するために提案するものである。すなわち、請求項1の発明においては、有機高分子系絶縁膜上に酸化シリコン系絶縁膜が積層された構造を有する積層絶縁膜のプラズマエッチング方法において、この酸化シリコン系絶縁膜を、レジストマスクを用いてパターンに形成するプラズマエッチング工程と、下層の有機高分子系絶縁膜を、酸素系化学種を発生しうるガスを含むエッチングガスを用いてプラズマエッチングする工程とをこの順の施すことを特徴とするものである。この際、酸化シリコン系絶縁膜のパターニングにおいては従来と同様にCF系あるいはCHF系ガスによるプラズマエッチングを用いてよい。

【0017】この有機高分子系絶縁膜は、フッ素原子を含むことが望ましい。また有機高分子系絶縁膜をプラズマエッチングする工程においては、酸化シリコン系絶縁膜に形成されたパターンをエッチングマスクとして用いることが望ましい。

【0018】また有機高分子系絶縁膜をプラズマエッチングする工程においては、被エッチング基板の温度を室温以下に制御するか、あるいはこの有機高分子系絶縁膜パターンの側壁に炭素系ポリマを堆積しつつプラズマエッチングすることが望ましい。

【0019】つぎに請求項6の発明においては、シロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜上に酸化シリコン系絶縁膜が積層された構造を有する積層絶縁膜のプラズマエッチング方法において、この酸化シリコン系絶縁膜を、レジストマスクを用いるとともに、プラズマ中に炭素系化学種とフッ素系化学種とを発生しうるガスを含む第1のエッチングガスを用いてプラズマエッチングする工程と、下層のシロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜を、プラズマ中に炭素系化学種とフッ素系化学種とを発生しうるとともに、この炭素系化学種と前記フッ素系化学種の比が前記第1のエッチングガスより小さい第2のエッチングガスを用いてプラズマエッチングする工程とをこの順の施すことを特徴とするものである。

【0020】シロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜は、有機SOGからなる塗布絶縁膜であってよい。

【0021】

【作用】請求項1の発明においては、低誘電率膜である有機高分子系絶縁膜はその組成の大部分を炭素原子が占めているので、酸素系化学種を発生しうるガスを含むエ

6

ッチングガスに切り替えてこの有機高分子系絶縁膜をプラズマエッチングすればパターニングはスムーズに続行され、エッチングレートの低下ないしはエッチングの停止を防止できる。この際、酸素系化学種を発生しうるガスを含むエッチングガスは、レジストマスクをも同時にエッチングするので、エッチング選択比は1に近く、レジストマスクは大きく後退または消失する。そこですでにパターニングされている酸化シリコン系絶縁膜パターンをエッチングマスクとして用いる。酸化シリコン系絶縁膜は、酸素プラズマでは全くエッチングされないもので、有機高分子系絶縁膜のエッチングマスクとして用いることが可能である。有機高分子系絶縁膜は、フッ素原子を含む構造、すなわちC-H結合の1部または全部がC-F結合に置換された構造を有していれば一層の低誘電率化が図れるが、かかる構造を有する有機高分子系絶縁膜であっても、酸素系化学種を発生しうるガスを含むエッチングガスによるプラズマエッチングが可能である。

【0022】酸素系化学種を発生しうるガスを含むエッチングガスによるプラズマエッチングの場合には、 O^+ による等方的なエッチング反応、すなわち有機高分子系絶縁膜のサイドエッチングが発生する。したがって、かかるラジカル反応を抑制するために、被エッチング基板の温度を室温以下、望ましくは0℃以下に制御し、低温エッチングを施すことにより、異方性を確保する。

【0023】有機高分子系絶縁膜のサイドエッチングを防止するために、炭素系ポリマによる側壁保護膜を形成しつつプラズマエッチングしてもよい。この場合にも被エッチング基板を室温以下に制御することは、炭素系ポリマによる側壁保護膜の消失を防止し、少量の炭素系ポリマの堆積で異方性を確保し、パーティクル汚染を防止する観点から望ましい。

【0024】つぎに請求項6の発明においては、低誘電率膜であるシロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜は化学的構造が SiO_2 に近いので、基本的なエッチング反応は酸化シリコン系絶縁膜と同様であり、炭素系化学種とフッ素系化学種を発生しうるエッチングガスによるプラズマエッチングは可能である。しかしながら、構成成分中に有機基に基づく炭素原子を含んでいるので、上層の酸化シリコン系絶縁膜と同じエッチング条件を採用した場合には炭素系化学種が過剰となり、エッチングレートは極端に低下する。そこで酸化シリコン系絶縁膜をプラズマエッチングするエッチング条件と比較して、C/F比を下げたエッチング条件に切り替えて、シロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜をプラズマエッチングするのである。これにより、被エッチング基板上への炭素系堆積膜の形成が防止され、プラズマエッチングはスムーズに続行される。

【0025】C/F比を下げる具体的方法は各種可能であるが、最も一般的な酸化シリコン系絶縁膜のエッチン

グガスである CF_4 、 O_2 混合ガスを例にとれば、 O_2 の混合比を増やす方法があげられる。 O_2 は、 CF_4 の解離により生成する炭素系化学種を消費して CO としてエッチング反応系外に除去し、フッ素系化学種の濃度を高める役割を果たす。また後の実施例で述べるように、酸化シリコン系絶縁膜のプラズマエッチングにおいてプラズマ中の過剰な F^* を制御する目的で CO や H_2 等の F^* 消費ガスを添加する場合には、これらの F^* 消費ガスの混合比を下げればよい。

【0026】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例につき添付図面を参照しつつ説明する。なお実施例の説明で参照する図面中で、従来技術の説明で参照した図4の中の構成要素部分と同様の構成要素部分には同じ参照符号を付すものとする。

【0027】実施例1

本実施例は、本発明の請求項1を適用し、有機高分子系絶縁膜としてポリイミド膜上に酸化シリコン系絶縁膜が積層された層間絶縁膜にプラズマエッチングを施して接続孔を形成した例であり、これを図1(a)～(c)に示す概略断面図を参照して説明する。

【0028】まず図1(a)に示すように、シリコン等の半導体基板1上に、ポリイミド前駆体を含む溶液を塗布し、乾燥、熱処理の工程を経てポリイミド膜からなる有機高分子系絶縁膜2を形成する。ポリイミド膜の塗布はスピンコートを使用し、3000rpmでポリイミド前駆体を含む溶液をスピンコーティングした後、200℃で1分間乾燥し、次いで400℃で10分間アニールしてポリイミド膜とした。ポリイミド膜からなる有機高分子系絶縁膜2の厚さは例えば100nmである。

【0029】有機高分子系絶縁膜2の上層の酸化シリコン系絶縁膜3は、TEOS (Tetraethyl Orthosilicate) と O_2 を原料ガスとするプラズマCVDにより、一例として被処理基板温度375℃、200mTorr、RFパワー300Wの条件で200nmの厚さに形成した。このようにして得られた積層絶縁膜上に、例えば0.2μmの開口径を有するレジストマスク4を形成する。

【0030】図1(a)に示す被エッチング基板をマグネトロンRIE装置の基板ステージ上にセッティングし、一例として下記プラズマエッチング条件により、まず酸化シリコン系絶縁膜6をパターンニングする。

CHF_3 40 sccm
 CO 260 sccm
 ガス圧力 5.3 Pa
 RFパワー 1450 W (13.56MHz)
 基板温度 20℃

本エッチング工程においては、添加ガスの CO はプラズマ中に発生する過剰のフッ素系化学種を COF_x の形でエッチングチャンバ外に除去し、C/F比を高く維持す

ることにより対レジストマスク選択比を向上する役割を担っている。本エッチング工程では、下層のポリイミドからなる有機高分子系絶縁膜2はエッチングされず、あるいは極端にエッチングレートが小さいので、有機高分子系絶縁膜2の表面が露出した時点で停止する。この状態が図1(b)である。

【0031】つぎにエッチング条件を切り替え、一例として下記プラズマエッチング条件により下層の有機高分子系絶縁膜2のプラズマエッチングを施す。

10 O_2 100 sccm
 ガス圧力 5.3 Pa
 RFパワー 1450 W (13.56MHz)
 基板温度 -80℃

本エッチング条件では、レジストマスク4も同時にエッチングされて大きく後退するが、有機高分子系絶縁膜2はパターンニングされた酸化シリコン系絶縁膜3パターンをマスクとして進行する。本エッチング条件によっては、酸化シリコン系絶縁膜3がエッチングされることはない。

20 【0032】また、被エッチング基板を-80℃の低温に冷却していることから、 O^* によるラジカル反応は抑制され、イオン入射が原理的に少ない有機高分子系絶縁膜2パターンの側面ではエッチング反応は進行しない。したがって、図1(c)に示すように、垂直なパターン側面を有する接続孔5が異方性良く開口される。

【0033】本実施例によれば、ポリイミドからなる有機高分子系絶縁膜を酸素系化学種を発生しうるガスを用い、ラジカル反応を抑制しつつ、さらに酸化シリコン系絶縁膜のパターンをマスクとしてプラズマエッチングすることにより、エッチングレートが低下することなく、形状に優れた接続孔のパターンニングが可能となる。

【0034】実施例2

本実施例も本発明の請求項1を適用し、有機高分子系絶縁膜としてポリバラキシレン膜上に酸化シリコン系絶縁膜が積層された層間絶縁膜にプラズマエッチングを施して接続孔を形成した例であり、これを図2(a)～(c)に示す概略断面図を参照して説明する。

【0035】まず図2(a)に示すように、シリコン等の半導体基板1上に、減圧CVDによりポリバラキシレンからなる有機高分子系絶縁膜2を150nm形成する。減圧CVD条件としては、一例としてp-キシレンを170℃、1Torrで気化し、予備分解室で650℃、0.5Torrで熱分解してp-キシレンラジカルを主体とする中間生成物とする。つぎにこの中間生成物をCVDチャンバに輸送し、0.1Torrの減圧雰囲気中で35℃に制御された半導体基板1上に重合させて堆積し、ポリバラキシレン膜を得る。得られたポリバラキシレンの融点は400℃であった。

【0036】上層の酸化シリコン系絶縁膜3およびレジストマスク4の形成工程は、実施例1と同様であるので

重複する説明を省略する。また次工程の酸化シリコン系絶縁膜3のプラズマエッチング条件も実施例1と同様であるので、ここでも重複する説明は省略する。

【0037】酸化シリコン系絶縁膜2のパターニングが終了し、有機高分子系絶縁膜3の表面が露出した段階でエッチングは停止する。ここでエッチング条件を切り替え、一例として下記プラズマエッチング条件により下層の有機高分子系絶縁膜2のプラズマエッチングを施す。

O₂ 80 sccm
CO₂ 40 sccm
ガス圧力 5.3 Pa
RFパワー 1450 W (13.56MHz)
基板温度 -20℃

本エッチング条件では、レジストマスク4も同時にエッチングされて大きく後退または消失するが、有機高分子系絶縁膜2はパターニングされた酸化シリコン系絶縁膜3パターンをマスクとして進行する。本エッチング条件によっては、酸化シリコン系絶縁膜3がエッチングされることはない。

【0038】また、被エッチング基板は冷却されているとは言え実施例1の場合よりは高温であるので、O⁺の攻撃を完全の防止することはできない。しかしながら、イオン照射が原理的に少ない有機高分子系絶縁膜2パターン側面には、炭素ポリマ系側壁保護膜6が堆積し、有機高分子系絶縁膜2パターンのサイドエッチングを防止する。この炭素ポリマ系側壁保護膜6は、エッチングの反応生成物であるCOが再解離した炭素、およびエッチングガスとして供給されたCO₂の解離生成物を由来するものであるが、その堆積量は僅かであるので、接続孔5がテーパ形状化したりパーティクルレベルが悪化することはない。積層絶縁膜の接続孔5が開口された状態を図2(c)に示す。

【0039】本実施例によれば、有機高分子系絶縁膜2は酸素系化学種を生成しうるガスを用い、パターン側面に炭素ポリマ系側壁保護膜を堆積するとともに、酸化シリコン系絶縁膜パターンをマスクとしてプラズマエッチングすることにより、異方性形状に優れた接続孔をエッチングレートの低下なく形成することが可能となる。

【0040】実施例3

本実施例は、本発明の請求項6を適用し、シロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜としての有機SOG膜上に酸化シリコン系絶縁膜が積層された層間絶縁膜にプラズマエッチングを施して接続孔を形成した例であり、これを図3(a)～(c)に示す概略断面図を参照して説明する。

【0041】まず図1(a)に示すように、シリコン等の半導体基板1上に、有機SOG溶液を塗布し、乾燥、熱処理の工程を経て有機SOG膜からなるシロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜7を形成する。有機SOG溶液の塗布はスピコートを使用し、3000rpm

で有機SOG溶液をスピコーティングした後、200℃で1分間乾燥し、次いで400℃で10分間アニールして有機SOG膜とした。有機SOG膜からなるシロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜7の厚さは例えば100nmである。

【0042】シロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜7の上層の酸化シリコン系絶縁膜3およびレジストマスク4の形成工程は、前実施例1と同様であるので重複する説明を省略する。図3(a)に示す被エッチング基板をマグネトロンRIE装置の基板ステージ上にセッティングし、一例として下記プラズマエッチング条件により、まず酸化シリコン系絶縁膜6をパターニングする。

CHF₃ 40 sccm
CO 260 sccm
ガス圧力 5.3 Pa
RFパワー 1450 W (13.56MHz)
基板温度 20℃

本エッチング条件は、実施例1における酸化シリコン系絶縁膜のエッチング条件と同様であり、添加ガスのCOはプラズマ中に発生する過剰のフッ素系化学種をCOF_xの形でチャンバ外に除去し、C/F比を高く維持することにより対レジストマスク選択比を向上する役割を担っている。本エッチング条件では、下層の有機SOGからなるシロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜7のエッチングレートは極端に小さく、またはエッチングされず、シロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜7の表面が露出した時点でエッチングは停止する。この状態が図3(b)である。

【0043】つぎにエッチング条件を切り替え、一例として下記プラズマエッチング条件により下層のシロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜7のプラズマエッチングを施す。

CHF₃ 80 sccm
CO 220 sccm
ガス圧力 5.3 Pa
RFパワー 1450 W (13.56MHz)
基板温度 20℃

本エッチング条件は、混合ガス中のCOの流量を減らし、CHF₃の流量を増加している。したがって、CHF₃の解離により生成するフッ素系化学種がCOにより捕獲され、COF_xの形でエッチング反応系外に除去される機会は減少する。このため、プラズマ中のフッ素系化学種が増え、C/F比は小さくなる。

【0044】C/F比の減少の結果、シロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜7表面に炭素系ポリマが過剰に堆積してエッチングレートが低下する現象はない。またイオン入射の少ないパターン側面には炭素ポリマ系側壁保護膜(図示せず)が薄く堆積し、異方性加工に寄与する。レジストマスク4が後退することもない。この結果、図3(c)に示すように、良好な異方性形状を示す

接続孔が形成される。

【0045】本実施例によれば、炭素系化学種とフッ素系化学種の比を制御することにより、シロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜と酸化シリコン系絶縁膜の積層絶縁膜を高スループットで形状よくプラズマエッチングすることが可能である。

【0046】以上、本発明を3種の実施例により説明したが、本発明はこれら実施例に何ら限定されるものではない。

【0047】例えば、有機高分子系絶縁膜としてポリイミドとポリパラキシリレンを例示したが、ポリエチレンやポリプロピレン等他の低誘電率の有機高分子を用いてもよい。またこれら有機高分子を構成するC-H結合の1部または全部をC-F結合に置換したフッ素系高分子を採用すれば、低誘電率化に一層の寄与がある。もちろん、比誘電率が2程度のフッ化炭素系高分子であるテフロンPTFE (Poly Tetra Fluoro Ethylene)、テフロンFEP (Fluorinated Ethylene Propylene)あるいはテフロンPFA (Per Fluoro Alkyl)を用いれば、低誘電率と低吸湿性を共に満たす積層絶縁膜が形状できる。これらフッ化炭素系高分子はプラズマ重合や、ドライパウダやエマルジョンの塗布焼成で形成できる。ただしテフロンPTFEの場合には、接着性に注意を払う必要がある。

【0048】シロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜として有機SiOGを例示したが、他のシリコンダラーポリマ、例えばポリフェニルシルセスキオキサン等を用いることも可能である。

【0049】上層に形成する酸化シリコン系絶縁膜として、プラズマCVDによるSiO₂を例示したが、SiONやSiOF、あるいはPSGやBPSG等不純物を含むシリケートガラスであってもよい。

【0050】積層絶縁膜の層構成として低誘電率膜上に酸化シリコン系絶縁膜が積層された2層構造に限らず、低誘電率膜と酸化シリコン系絶縁膜が交互に積層された多層絶縁膜においても本発明が適用できることは明白である。また半導体基板上に形成するコンタクトホールに限らず、多結晶シリコン等の下層配線上の層間絶縁膜に開口するビアホールエッチングに適用してもよい。

【0051】さらに、積層絶縁膜のプラズマエッチング時に使用するエッチング装置としてマグネトロンRIE装置を採り上げたが、通常の平行平板型RIE装置、ECRプラズマエッチング装置、ヘリコン波プラズマエッチング装置、ICP (Inductively Coupled Plasma)エッチング装置、TCP (Transformer Coupled Plasma)エッチング装置等、各種エッチング装置を使用可能であることは言うまでもない。

【0052】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明

によれば有機高分子系絶縁膜またはシロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜上に、酸化シリコン系絶縁膜が積層された構造を有する低誘電率の積層絶縁膜のプラズマエッチング方法において、エッチングレートの低下を防止し、またエッチングにより得られるパターン形状制御性に優れた積層絶縁膜のプラズマエッチング方法を提供することが可能となる。したがって、多層配線を用いた高集積度半導体装置の配線間容量の低減が信頼性高く実現でき、半導体装置の高速動作、低消費電力および低発熱等に寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した実施例1を、その工程順に説明する概略断面図であり、(a)は半導体基板上に有機高分子系絶縁膜(ポリイミド)と酸化シリコン系絶縁膜およびレジストマスクを形成した状態であり、(b)は酸化シリコン系絶縁膜をプラズマエッチングした状態、(c)は酸化シリコン系絶縁膜パターンをマスクとして有機高分子系絶縁膜をプラズマエッチングして接続孔を開口した状態である。

【図2】本発明を適用した実施例2を、その工程順に説明するための概略断面図であり、(a)は半導体基板上に有機高分子系絶縁膜(ポリパラキシリレン)と酸化シリコン系絶縁膜およびレジストマスクを形成した状態であり、(b)は酸化シリコン系絶縁膜をプラズマエッチングした状態、(c)は酸化シリコン系絶縁膜パターンをマスクとして有機高分子系絶縁膜をプラズマエッチングして接続孔を開口した状態である。

【図3】本発明を適用した実施例3を、その工程順に説明するための概略断面図であり、(a)は半導体基板上にシロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜(有機SiOG)と酸化シリコン系絶縁膜およびレジストマスクを形成した状態であり、(b)は酸化シリコン系絶縁膜をプラズマエッチングした状態、(c)はシロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜をプラズマエッチングして接続孔を開口した状態である。

【図4】従来の低誘電率積層絶縁膜のプラズマエッチングにおける問題点をその工程順に説明するための概略断面図であり、(a)は半導体基板上に有機高分子系絶縁膜と酸化シリコン系絶縁膜およびレジストマスクを形成した状態であり、(b)は酸化シリコン系絶縁膜をプラズマエッチングし、有機高分子系絶縁膜の表面が露出した段階でエッチングがストップした状態である。

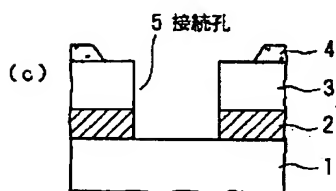
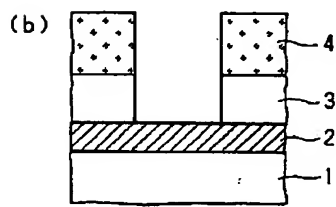
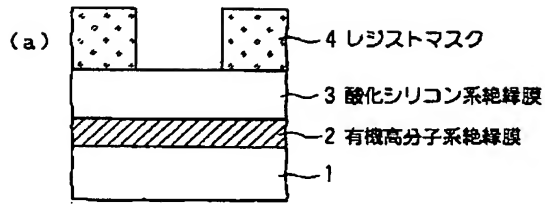
【符号の説明】

- 1 半導体基板
- 2 有機高分子系絶縁膜
- 3 酸化シリコン系絶縁膜
- 4 レジストマスク
- 5 接続孔
- 6 炭素ポリマ系側壁保護膜
- 7 シロキサン結合を有する有機高分子系絶縁膜

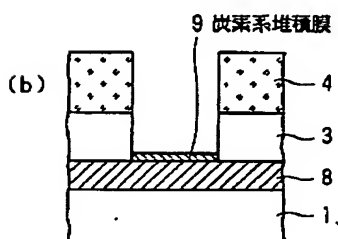
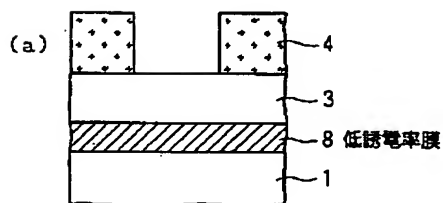
8 低誘電率膜

13

【図1】



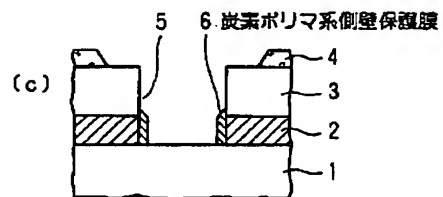
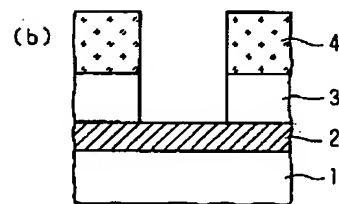
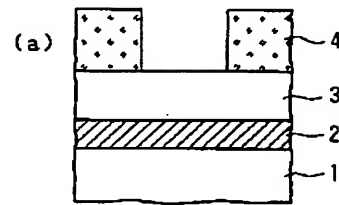
【図4】



9 炭素系堆積膜

14

【図2】



【図3】

